



Station solaire autonome pour l'alimentation des antennes de l'expérience de radio détection à l'Observatoire Pierre Auger

C. Bernard, J. Chauvin, D. Lebrun, J.F. Muraz, P. Stassi

► To cite this version:

C. Bernard, J. Chauvin, D. Lebrun, J.F. Muraz, P. Stassi. Station solaire autonome pour l'alimentation des antennes de l'expérience de radio détection à l'Observatoire Pierre Auger. 2006, 22 p. in2p3-00108348

HAL Id: in2p3-00108348

<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00108348>

Submitted on 20 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Station solaire autonome pour l'alimentation des antennes de l'expérience de radio détection à l'Observatoire Pierre Auger

C. Bernard, J.Chauvin, D. Lebrun, J.F Muraz, P. Stassi



Remerciements : les auteurs tiennent à remercier R.Dallier (Subatech,Nantes) d'avoir initié ce travail, et G.Mondin (LPSC) d'avoir participé activement au montage des stations.

Présentation de l'expérience:

L'objectif qui sous-tend l'entreprise de cette réalisation de station solaire réside dans une expérience test visant à démontrer la capacité d'un réseau d'antennes radio pour Détecter les rayons cosmiques de ultra haute énergie ($E > 10^{18}$ eV). Ce test constituant la phase initiale de démonstration vers un réseau de très grandes dimensions.

Une proposition a été faite à l'Observatoire Pierre Auger d'installer un mini réseau de 3 antennes sur le site du Détecteur de Surface à Malargüe en Argentine. L'observation simultanée des gerbes atmosphériques de rayons cosmiques par les détecteurs d'Auger et par le réseau radio, permettra de valider cette méthode.

La détection de cosmiques à ces énergies nécessite en général des réseaux de détection étendus sur de très grandes surfaces (3000 km² pour Auger) dans des régions permettant un tel déploiement, en général dépourvu de toute source d'énergie

En conséquence chaque station de détection se doit d'être autonome, en particulier pour ses besoins énergétiques, pour l'alimentation de ses systèmes électroniques de traitement du signal, de communications et de synchronisations.

Le système d'antennes proposé consistera en 3 stations autonomes et sera implanté sur le site d'Auger a la fin d'Octobre 2006. Chaque station comprendra une antenne et son amplificateur, un circuit électronique de trigger, un codeur flash (oscilloscope), un receveur GPS et une carte temps, un système de communication (WiFi) avec une antenne grand gain permettant de transférer les données vers un PC central d'acquisition installé à environ 800 mètres du réseau sur le site existant du CLF (Central Laser Facility).



Repérage du Site d'implantation du réseau d'antennes à Malargüe au voisinage d'un Détecteur de Surface (à gauche) et du CLF (à droite)

La première phase d'expérience est prévue pour 6 mois de novembre 06 à mai 07, c'est-à-dire pendant l'été austral, à une latitude de 35 degrés Sud et une altitude de 1450 mètres.

Ces conditions étendues à une utilisation annuelle ont permis de dimensionner le système, constitué de 2 module solaires de 85Wc alimentant 2 batterie de 100Ah en série (voir Annexe0)

Description du système d'alimentation solaire autonome :

Description générale :

Le système d'alimentation (Cf. schéma en annexe 1) a été dimensionnée pour permettre de fournir une puissance de 18 W. Les batteries doivent pouvoir alimenter la station pendant 5 jours successifs de temps couvert.

Principe de fonctionnement :

Des modules solaires convertissent l'énergie solaire en énergie électrique ($\sim 1000 \text{ W/m}^2$; Spectre AM1.5 Cf. Annexe 4). Cette conversion d'énergie est proportionnelle à l'ensoleillement reçu.

L'énergie électrique ainsi produite est stockée dans des batteries. *(Ce stockage est nécessaire si l'on veut utiliser l'énergie produite en dehors des heures d'ensoleillement, ou si l'on veut utiliser une puissance instantanée supérieure à celle produite par les modules solaires)*

L'état de charge des batteries est géré par un régulateur de charge.

Un régulateur de décharge dit "Module de Coupure Basse" ou encore "Arrêt manque de tension" permet de protéger les batteries en évitant de les décharger en dessous de 40% de leur capacité.

Enfin, un convertisseur de tension régulé permet de délivrer aux utilisateurs une tension stabilisée de 12V sous 2.1A (25W).

Les panneaux solaires :

Les panneaux solaires sont constitués de 2 modules solaires identiques de 85Wc (Watt crête) chacun.

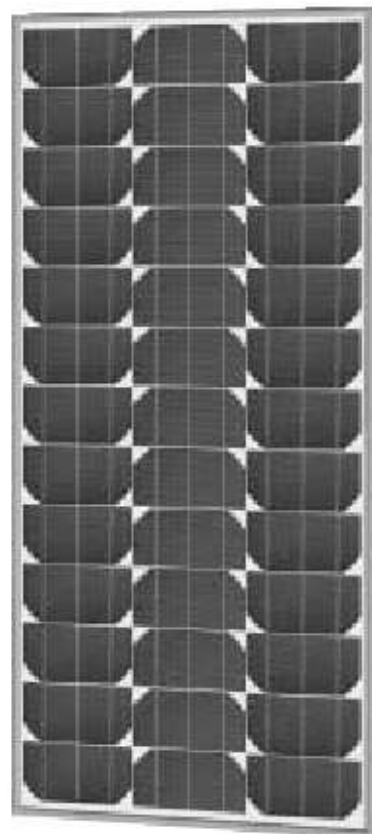
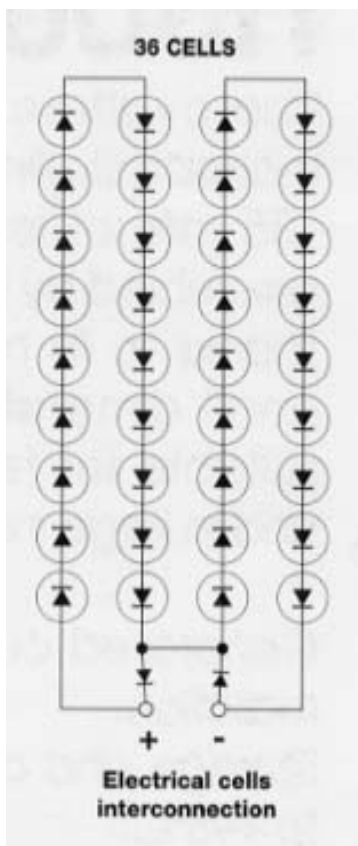


Schéma électrique d'un module solaire: Les cellules sont des diodes, placées en série. Les diodes antiparallèles sont représentées entre les bornes + et - des cellules et leur point milieu. On voit très bien que leur conduction est inverse de celle des cellules solaires

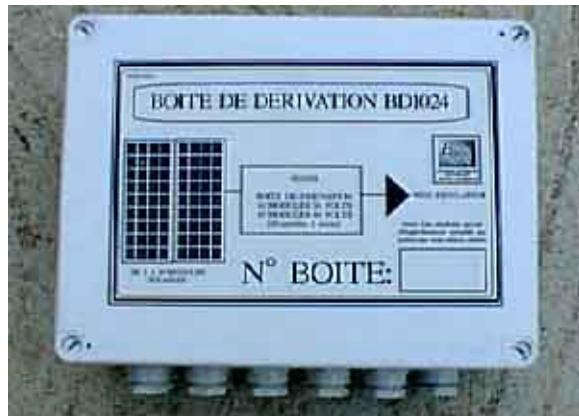
A l'arrière de chaque module se trouve une boîte de jonction contenant 2 diodes antiparallèles. Ces diodes antiparallèles permettent d'éviter qu'un module au soleil ne se décharge dans un module à l'ombre.



Vue d'une boîte de jonction et des 2 diodes antiparallèles.

Une boîte de dérivation permet l'assemblage en série des 2 modules solaires. Cette boîte de dérivation contient également un circuit imprimé sur lequel se trouvent :

- Des diodes schotcky séries, placée sur un radiateur, sur chaque entrée, qui empêchent aux batteries de se décharger dans les panneaux.
- Des fusibles de protections qui empêcheront aux batteries de se décharger dans les modules en cas de destruction des diodes antiparallèles.
- Une diode led rouge, en parallèle sur chaque fusible de protection, qui matérialise la destruction de celui-ci. *(Lors de l'installation, lorsque tout est raccordé, il suffit de retirer le fusible, et si la led rouge s'éclaire, elle indique le câblage parfait de la voie correspondante).*
- Une protection parafoudre (Transil ou VDR) en sortie de la boîte.



Boite de dérivation

Circuit imprimé se trouvant dans la boite de dérivation

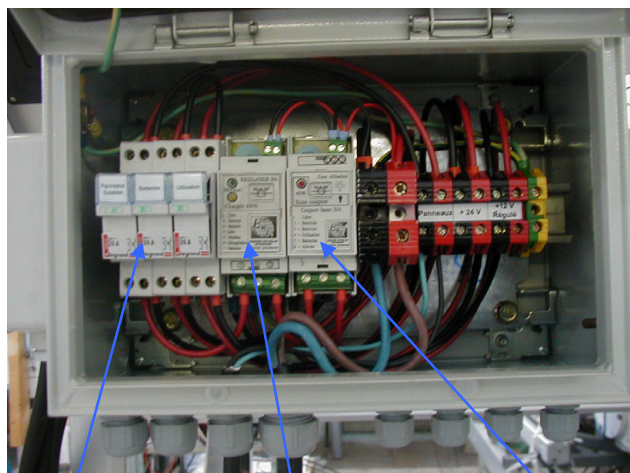
Les batteries :

L'énergie électrique produite par le panneau solaire est stockée dans 2 batteries au Plomb 12 V de C100-100Ah chacune (Cf. Annexe 5).

Ces 2 batteries sont assemblées en série (Cf. Annexe 1).

L'état de charge des batteries est géré par les régulateurs de charge et de décharge.

La régulation de la charge des batteries :



Fusibles **Régulateur de charge** **Coupure basse**



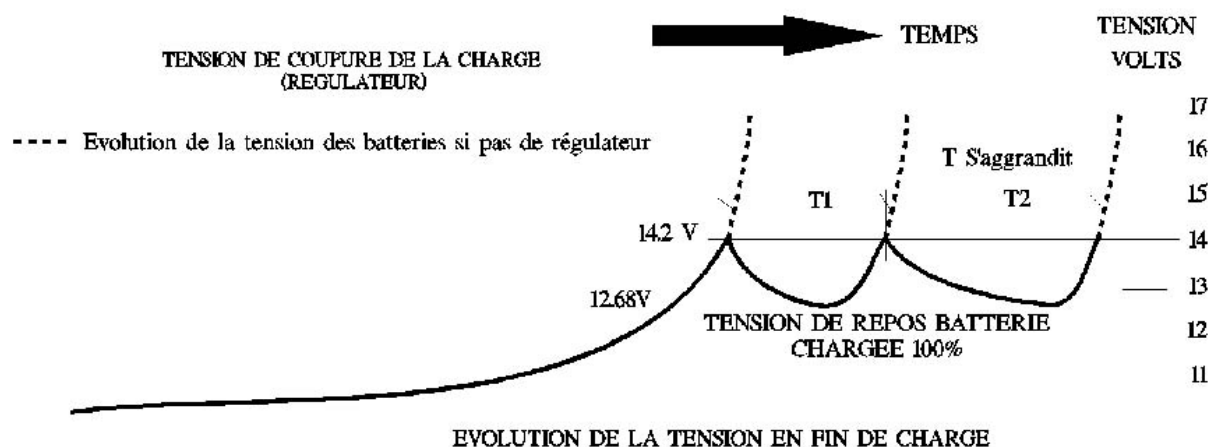
Coffret installé sous le panneau

Dans un système solaire, de grandes variations d'amplitude de l'ensoleillement sont observées entre l'été et l'hiver et même au sein d'une même journée. Ce qui se traduit par des manques de charge ou des surcharges des batteries. Si les manques de charge sont difficiles à compenser autrement que par une conception rigoureuse du système, les excédents de charge, inévitables, sont compensés par les systèmes de régulations. (*Toutes décharges et charges excessives sont nuisibles aux batteries, elles sont généralement les causes principales de la mort prématurée de celles-ci*).

La fonction première du régulateur sera d'arrêter progressivement la charge de la batterie, et de veiller à ce que celle-ci reprenne le plus tôt possible en cas de décharge (même faible). Lors de l'arrêt de la charge, on arrête la production d'électricité des modules solaires. Pour cela, les batteries sont déconnectées des modules et la batterie passe en phase d'attente, dite de repos.

Le contrôle de la fin de charge se fait par le biais de la mesure de tension de la batterie.

**AU DESSUS DE 142 VOLTS, IL Y A RISQUE GRAVE DE DESTRUCTION
DES APPAREILS BRANCHES SUR LES BATTERIES**



Le graphe ci-dessus donne une idée précise de la fin de charge d'une batterie, sous une intensité constante. En l'absence de coupure en fin de charge, la tension de la batterie

dépasserait le seuil acceptable des 14.2 Volts, ce qui amènerait des risques considérables au niveau des appareils branchés sur la batterie (Destruction par surtension, raccourcissement de la durée de vie, etc.). Par ailleurs une ébullition intense, serait génératrice d'une très grande consommation d'eau et une abrasion rapide des plaques, génératrice de boues se déposant au fond des batteries et provoquant des courts-circuits.

Une augmentation de l'intensité de charge, dans les mêmes conditions se traduirait par une augmentation de la tension apparente de la batterie (Le seuil 14.2 Volts serait atteint plus rapidement). L'effet le plus immédiat serait un arrêt de la charge de la batterie, bien plus tôt, impliquant un nombre de "rebonds" plus importants et un état de la batterie correspondant à une charge non complète en fin de journée. (Donc à une inutilisation partielle du système solaire)

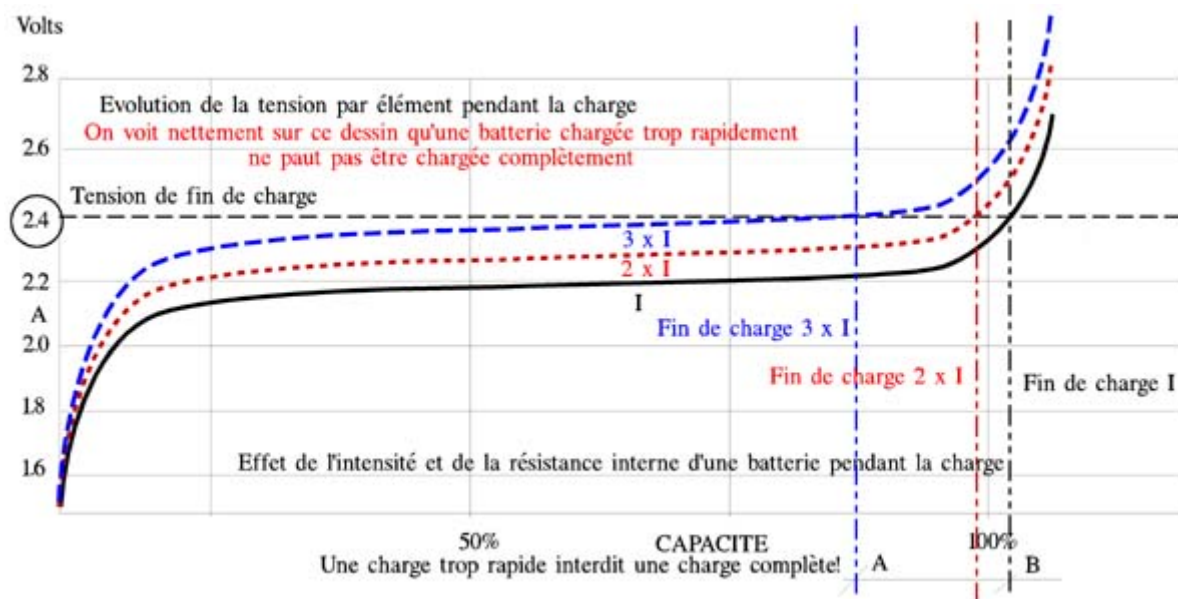
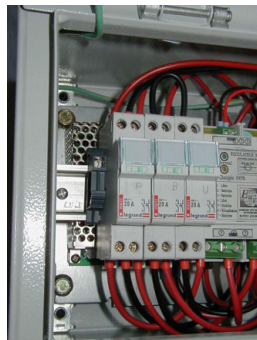


Image de la tension des batteries sous diverses intensités de charge. On constate qu'à faible intensité on peut recharger une batterie au delà de 100%, mais qu'à forte intensité cette dernière ne pourra jamais être totalement rechargée. La courbe bleue nous indique une fin de charge (A la tension de 2.4 Volts par éléments) à environ 80% de la capacité de la batterie.

Si le contrôle de la charge est un point important, le contrôle de la décharge l'est encore plus: c'est surtout de la profondeur de la décharge que dépend la durée de vie des batteries. C'est pour cela que le système est équipé d'un module 'coupure basse' qui, lorsque que les batteries sont en dessous de 40% de la charge nominale, isole la tension d'utilisation et dédie donc prioritairement l'énergie électrique produite dans le panneau solaire pour recharger les batteries.

Alimentation 12 V stabilisée :



Convertisseur SD-25B-12 monté sous les fusibles

En fonction de l'état de charge des batteries, la tension d'utilisation pouvait varier de $\pm 3\text{V}$. De plus, la majorité des composants de l'installation fonctionnent avec une tension d'alimentation de 12V. Nous avons donc choisis d'utiliser un convertisseur de tension AC-AC 24V-12V régulé. (Voir caractéristiques en annexe 2)

Dispositif de test :

Description des tests :

Le but de ces tests est de contrôler le bon fonctionnement des différents éléments qui constituent chacune des 3 stations solaires avant leur envoi en Argentine. Ils permettent de tester en conditions réelles (climatique et de puissance) la bonne charge des batteries mais également la fiabilité de chacune des installations.

Par ailleurs, ces tests doivent également permettre de s'assurer de la compatibilité du point de vue électromagnétique des stations avec la proximité des antennes de détection.

Description de la chaîne d'acquisition :

Cinq points de mesures sont relevés sur la station pendant son fonctionnement.

- Tension aux bornes du panneau solaire.
- Tension aux bornes de la batterie.
- Tension de sortie du convertisseur régulé 12V.
- Tension aux bornes d'une résistance de 0.6 ohm placée en série sur la batterie permettant de déterminer le courant de charge et de décharge de celle-ci.

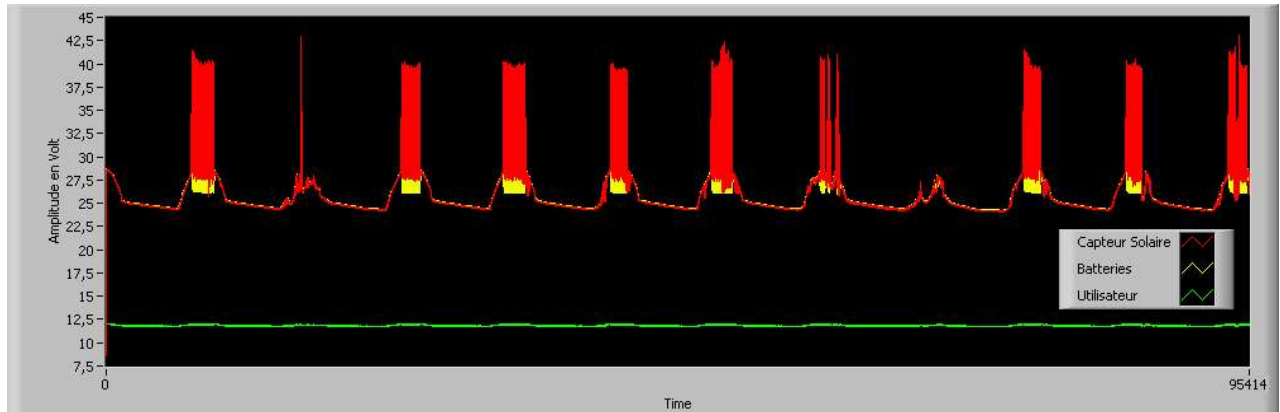
Ces tensions sont abaissées à l'aide d'un pont diviseur de tension (pont de Wheatstone) pour les maintenir dans la gamme $\pm 10\text{ V}$ qui est la plage d'entrée de la carte d'acquisition.

Ces tensions, ainsi rabaisées, sont connectées à un bloc de connexion National Instruments SCB68 à borniers à vis.

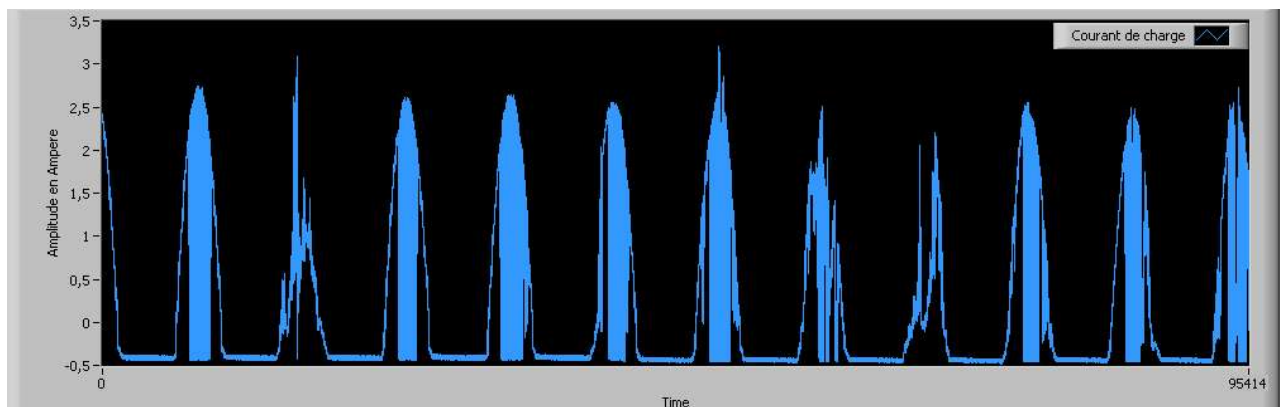
Une carte d'acquisition analogique 12 bits, 16 entrées, 250 Kech/s, NI-PXI-6040E permet de faire l'acquisition de ces 4 points de mesure.

Enfin, un programme réalisé le logiciel de programmation graphique Labview permet de traiter, d'enregistrer et de visualiser les données prises au cours du temps.

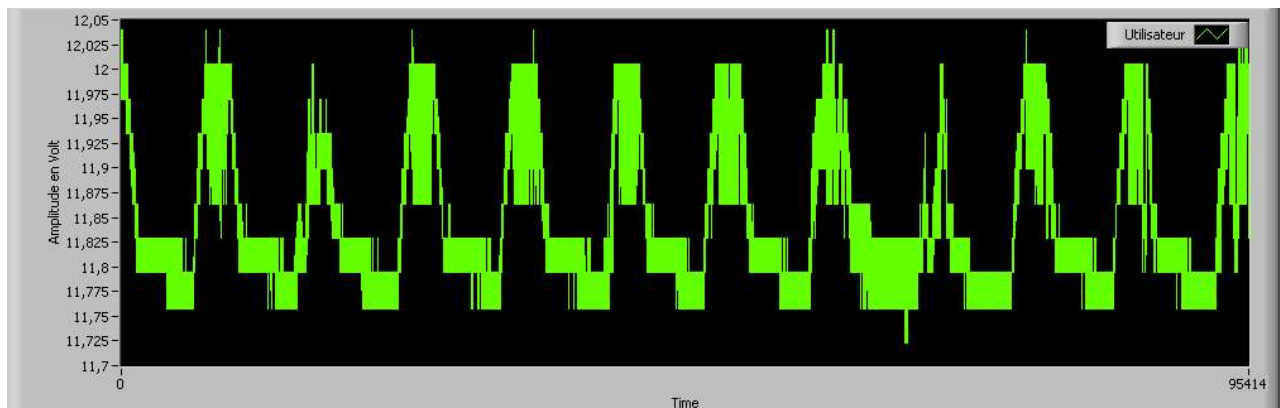
Résultats des tests préliminaires:



Courbes brutes d'enregistrement des données



Courant de charge (Ampères)



Enregistrement de la valeur de la tension de sortie régulée 12 V

Sont présentés ci-dessus les résultats de tests réalisés pendant 12 jours du 31 Août au 11 septembre 2006 sur une station solaire avec une charge de 19 Watts. On distingue très nettement les jours 3, 8 et 9 dont l'ensoleillement a été plus faible. On remarque également la

chute de tension des batteries pendant la nuit, puis la période de recharge le matin jusqu'à l'obtention de la pleine charge des batteries qui se traduisent par le "hachage" de la courbe. Ce "hachage" est dû au fonctionnement du régulateur qui, pour maintenir les batteries en charge nominale, connecte et déconnecte régulièrement le panneau solaire du système.

En observant la courbe du courant de charge, on peut noter très nettement les périodes de décharge des batteries. Elles correspondent au changement de signe de la valeur mesurée dû au changement de sens de circulation du courant. On peut également distinguer le moment de la journée où le soleil est au zénith. Il correspond au moment où le courant de charge est à son maximum. *Nous venons finalement de faire une très bonne horloge solaire !*

Enfin, la tension régulée subit également quelques variations dues aux variations de tensions des batteries mais ces faibles variations sont tout à fait acceptables.

Tests des stations solaires A, B et C:

Conditions expérimentales :

- Les 3 stations solaires ont été testées dans l'ordre suivant : station B puis station A puis station C.
- La puissance dissipée était de 9.6 W
- Les 2 batteries utilisées étaient les mêmes pour les tests des stations A, B et C.

Tests de la station B:

La station B a été testée pendant 6 jours du 21 au 26 septembre 2006. Les conditions météorologiques étaient les suivantes :

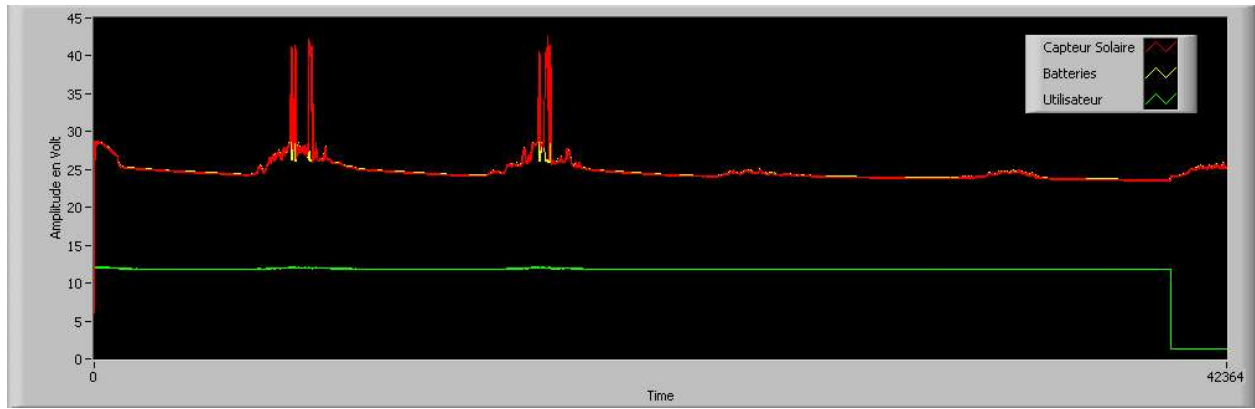
Jour 1 : Branchement en milieu de journée, journée très ensoleillée.

Jour 2 : Journée très ensoleillée

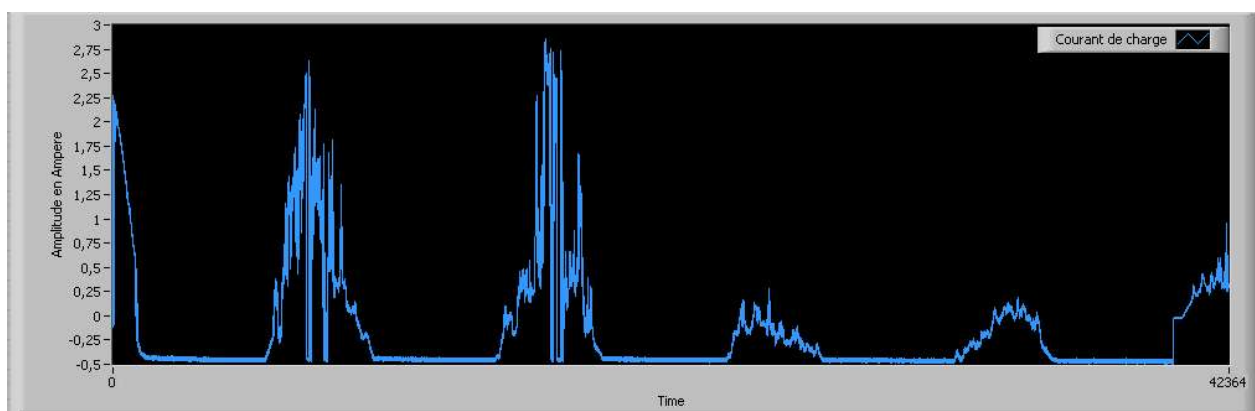
Jour 3 : Journée avec de nombreux passages nuageux

Jour 4 et 5 : Journées pluvieuses et sans soleil

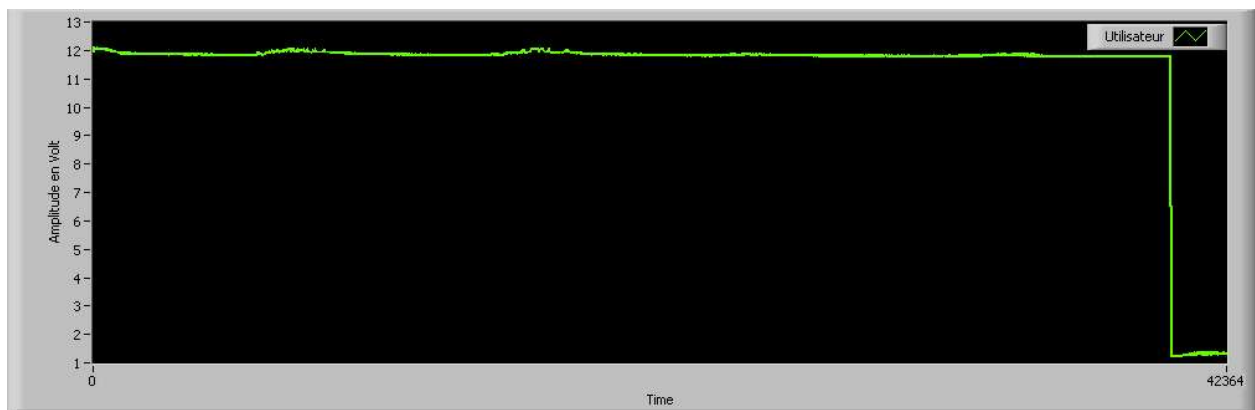
Jour 6 : Journées couvertes, sans soleil mais sans pluie



Courbe 1



Courbe 2



Courbe 3

Conclusion du test de la station B :

Tous les éléments de la station B fonctionnent correctement. Les courbes reflètent bien les conditions météorologiques relevées lors du test. On peut observer que, aux meilleurs moments des jours de pluie, le courant de charge est nul, donc que le panneau fournit suffisamment d'électricité pour alimenter la charge de 9.6 W. Ce test met également en évidence que les batteries se sont déchargées jusqu'à 40% de leurs capacités après 2 jours et 3

nuits sans soleil. (Cf. courbe 3 : "le module de coupure basse" a coupé la tension d'utilisation pour privilégier la charge des batteries ce qui explique la chute de tension sur l'alimentation régulée 12 V).

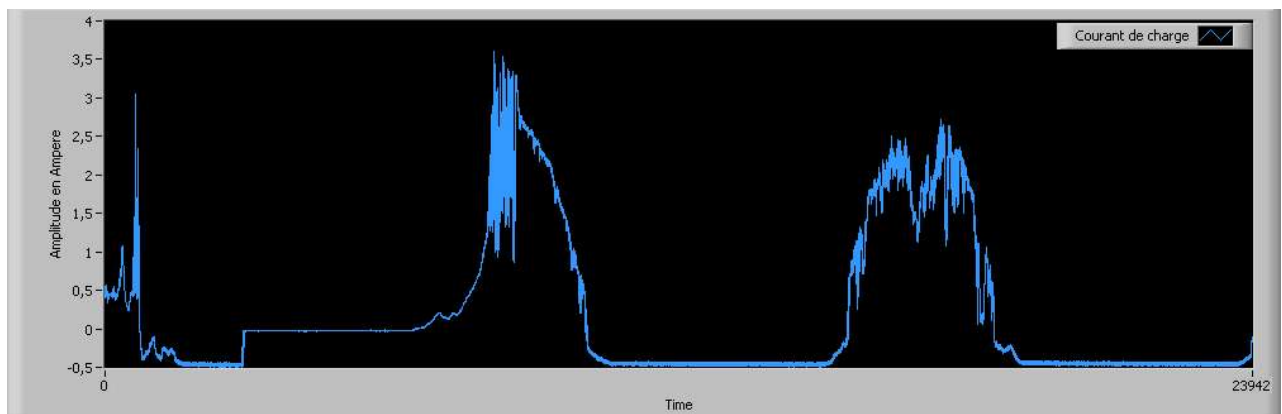
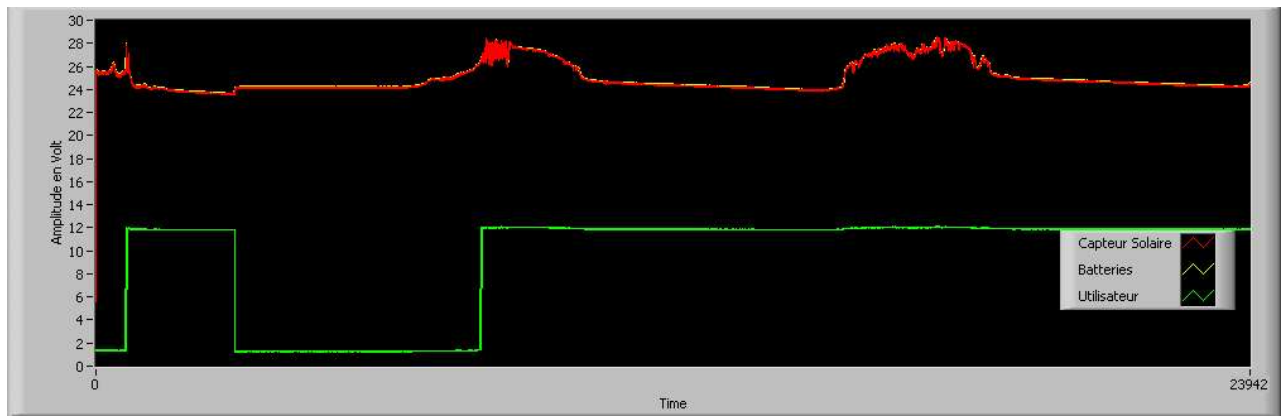
Tests de la station A :

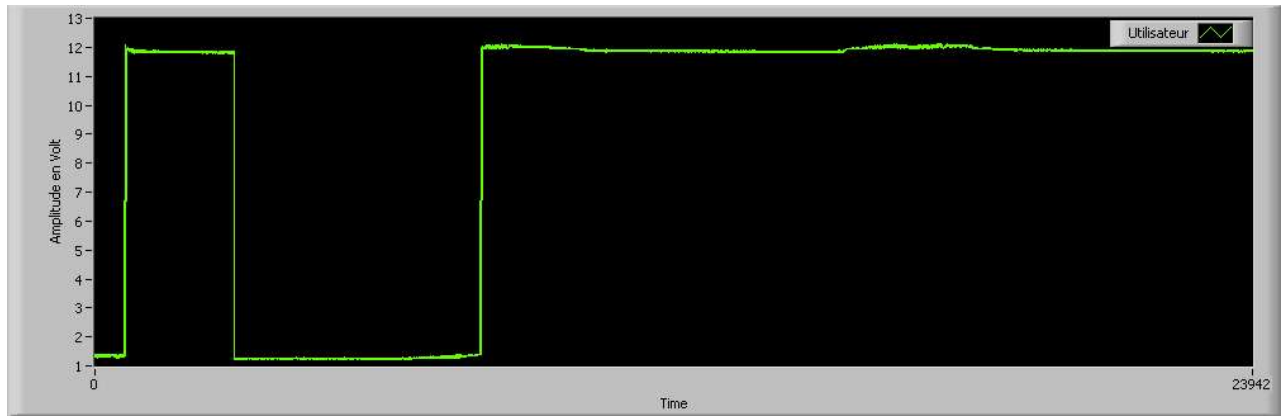
La station A a été testée pendant 3 jours du 26 au 29 septembre 2006 (juste après la station B). Les conditions météorologiques étaient les suivantes :

Jour 1 : Journées couvertes, avec du soleil en fin de journée

Jour 2 : Journée ensoleillée avec quelques passages nuageux le matin

Jour 3 : Journée ensoleillée avec quelques passages nuageux tout au long de la journée





Conclusion du test de la station A :

Tous les éléments de la station A fonctionnent correctement. Les courbes reflètent bien les conditions météorologiques relevées lors du test. Le régulateur a bien identifié (et confirmé) que les batteries étaient déchargées après le test de la station B. Les quelques heures de soleil ont suffi pour recharger les batteries au delà de 40% mais pas suffisamment pour alimenter la station pendant toute la nuit (d'où la coupure observée en milieu de nuit).

Tests de la station C :

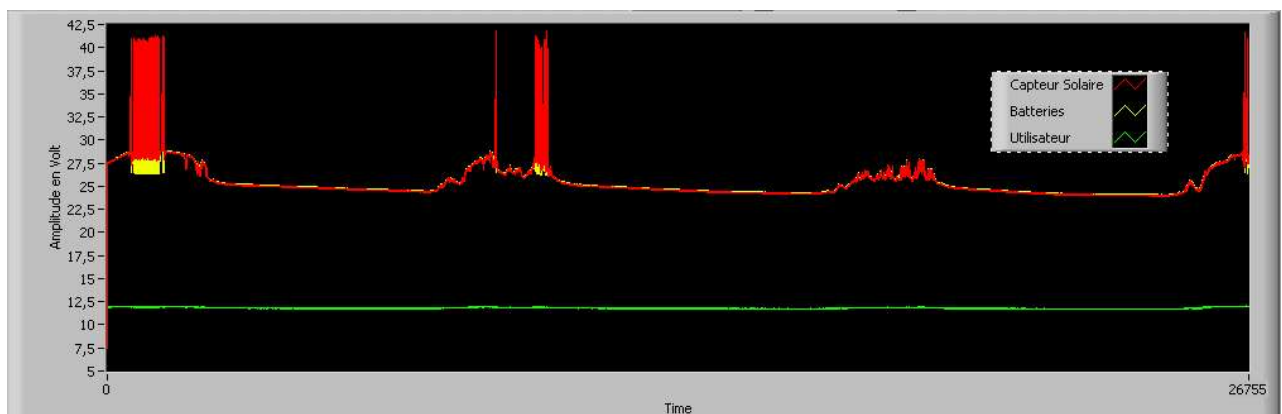
La station C a été testée pendant 3.5 jours du 29 septembre au 03 octobre 2006. Les conditions météorologiques étaient les suivantes :

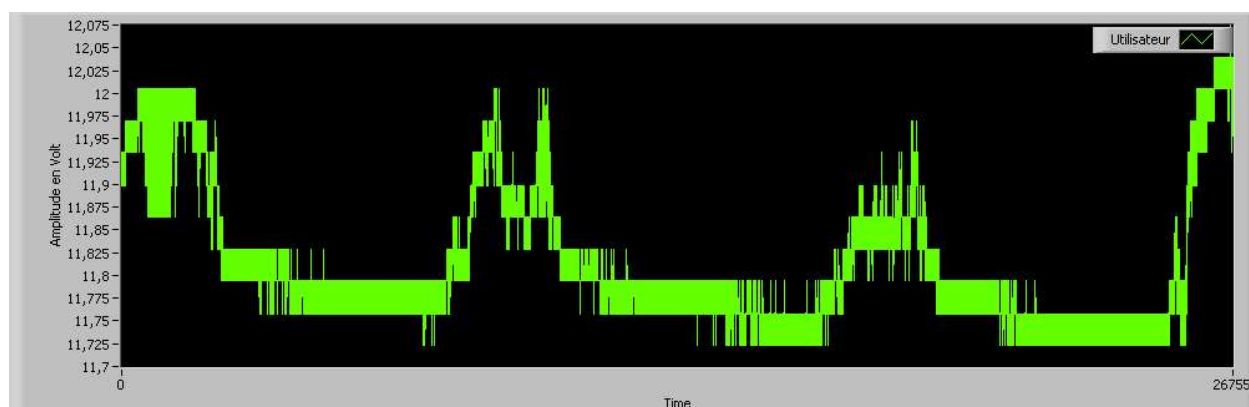
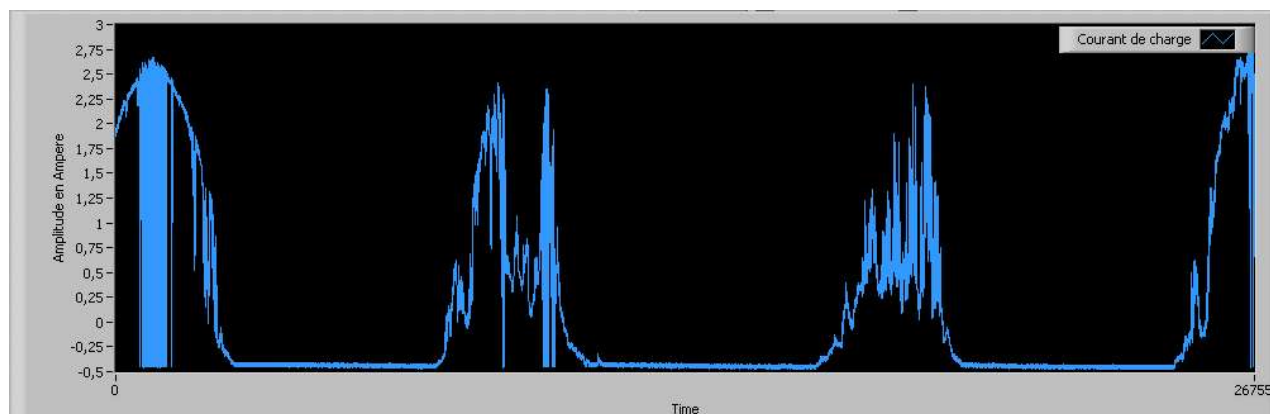
Jour 1 : Branchement en milieu de matinée, journée ensoleillée.

Jour 2 : Début de journée couverte, puis soleil en fin de journée

Jour 3 : Journées pluvieuses et sans soleil

Jour 4 : Journée ensoleillée





Conclusion du test de la station C :

Tous les éléments de la station C fonctionnent correctement. Les courbes reflètent bien les conditions météorologiques relevées lors du test. Le régulateur a bien identifié (et confirmé) que les batteries étaient chargées après le test de la station A. Les bonnes conditions météorologiques n'ont pas permis d'observer de coupures basses de cette station.

Annexe 0

Exemple de calcul de dimensionnement effectué par le fournisseur

« Énergie Nouvelles » <http://www.energies-nouvelles.com/>

Période d'utilisation du mois de:	1	Janvier	Retour info:	200,69	Wc
Au mois de:	12	Décembre		94,50	Ah
Nombre de jour(s) d'utilisation par semaine:	7	jours d'utilisation sur 7			4 Mod

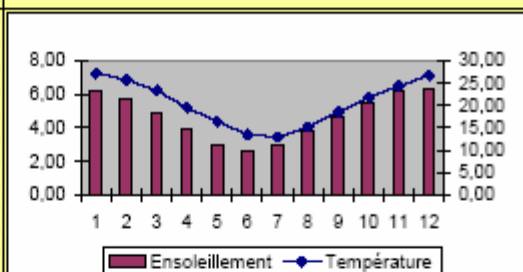
2) Choisir dans la base de données, la ville la proche du lieu de l'installation (La latitude sera toujours privilégiée)

Continent:	Amérique	Vous fonctionnez du mois de:	Janvier
Pays:	Argentine		Decembre
Ville:	Mendoza		

Affichage des données concernant la station de mesure choisie comme étant la proche du lieu de l'installation:

Continent:	Amérique	Pays:	Argentine	Ville:	Mendoza	Latitude:	32.53
						Longitude:	68.49

	kWh/m ² /J	Température
Janvier	6,19	27,30
février	5,69	25,80
Mars	4,86	23,40
Avril	3,92	19,50
Mai	2,97	16,40
Juin	2,61	13,50
Juillet	3,03	12,90
Août	3,83	15,20
Septembre	4,64	18,60
Octobre	5,56	21,90
Novembre	6,22	24,40
Décembre	6,31	26,80



Il s'agit de données mensuelles moyennes

Ensoleillement moyen annuel:

4.65	kWh/m ² /J
------	-----------------------

Energie reçue en kWh par an et par m² sur une surface plane:

1698,16	kWh/m ² /an
---------	------------------------

Température moyenne annuelle:

20,48	°C
-------	----

Température moyenne mensuelle maximum:

27,30	°C
-------	----

mauvaise valeur d'ensoleillement de la période considérée:

2,61	KWh/J/m²
------	----------

Meilleure valeur d'ensoleillement de la période considérée:

6,31	KWh/J/m²
------	----------

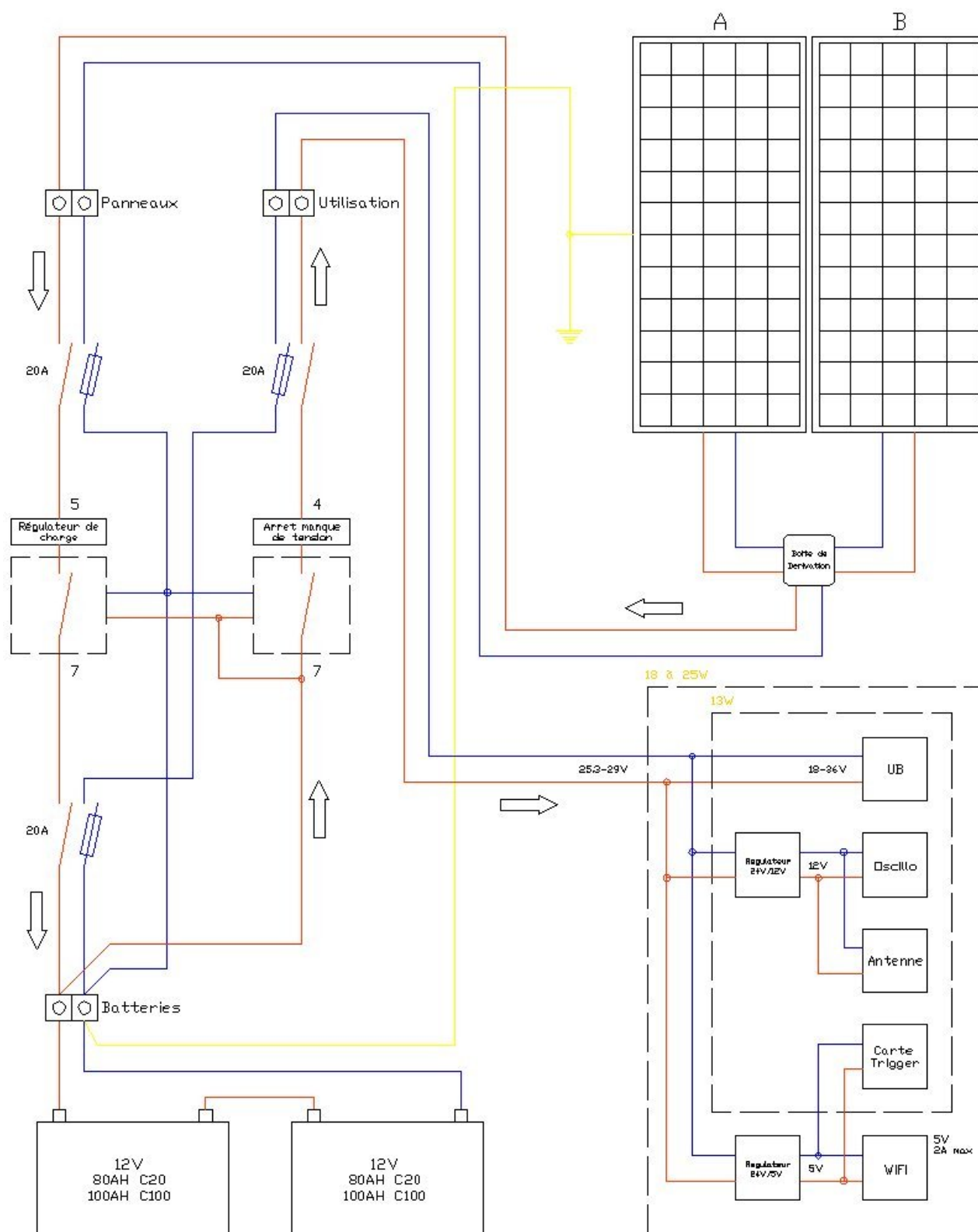
3) Données concernant l'installation

Un sous dimensionnement volontaire de 3 % est introduit dans le calcul

Tension de stockage:	24	Volts	
Rendement batteries	80	%	
Tension de distribution:	24	Volts	(Eventuellement 220 Volts)
Puissance maxi instantanée:	18	Watts	Sert à déterminer la puissance de l'onduleur ou les fusibles
Sous dimensionnement acceptable:	3	%	Sous-dimensionner: La panne vous guette

ANNEXE 1

Schéma de câblage d'une station



ANNEXE 2

Données techniques du convertisseur AC 24V-AC 12V



25W Single Output DC-DC Converter

SD-25 series



■ Features :

- 2:1 wide input range
- Protections: Short circuit/Over load/Over voltage
- 1500VDC I/O isolation
- Built-in EMI filter, low ripple noise
- 100% full load burn-in test
- Fixed switching frequency at 83KHz
- Low cost
- High reliability
- 1 year warranty

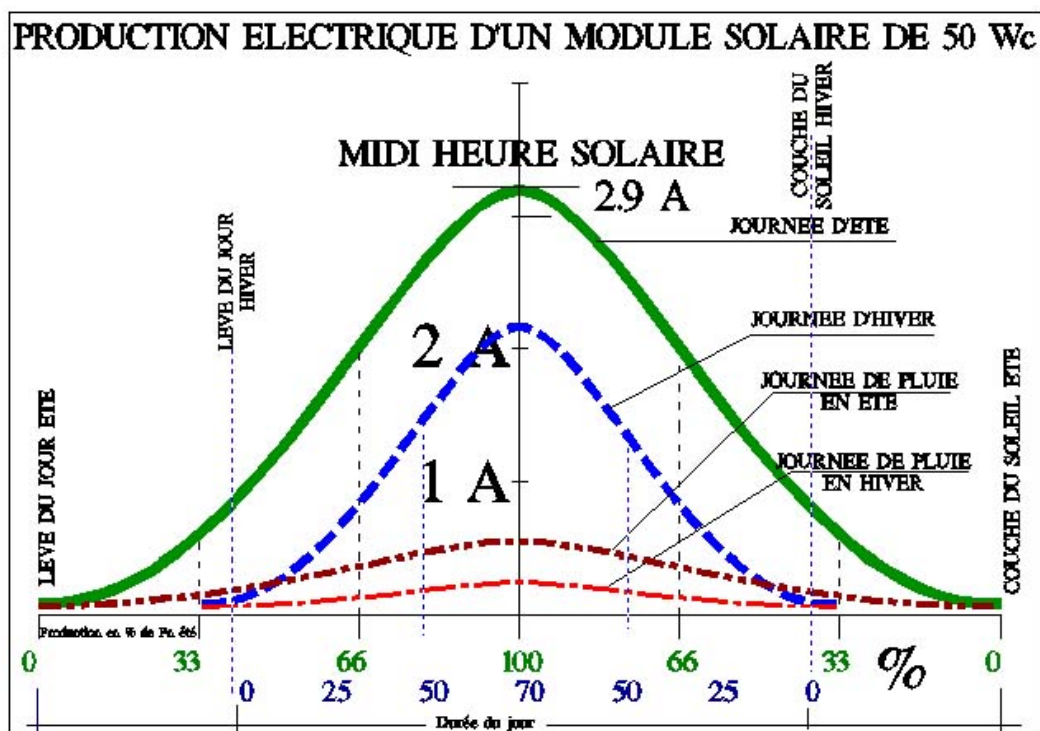


SPECIFICATION

SPECIFICATION										
MODEL		SD-25A-5	SD-25B-5	SD-25C-5	SD-25A-12	SD-25B-12	SD-25C-12	SD-25A-24	SD-25B-24	SD-25C-24
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V			12V			24V		
	RATED CURRENT	5A			2.1A			1.1A		
	CURRENT RANGE	0 ~ 5A			0 ~ 2.1A			0 ~ 1.1A		
	RATED POWER	25W			25.2W			26.4W		
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p			120mVp-p			150mVp-p		
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.5 ~ 5.5VDC			11 ~ 16VDC			23 ~ 30VDC		
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%			±1.0%			±1.0%		
	LINE REGULATION	±0.5%			±0.3%			±0.2%		
LOAD REGULATION	±0.5%			±0.3%			±0.2%			
SETUP, RISE, HOLD TIME	2.5s, 50ms, ----- at full load									
INPUT	VOLTAGE RANGE	A: 9.2 ~ 18VDC		B: 19 ~ 36VDC		C: 36 ~ 72VDC				
	EFFICIENCY (Typ.)	71%	72%	74%	72%	75%	78%	75%	78%	81%
	DC CURRENT	3.2A/12V			1.6A/24V			0.8A/48V		
PROTECTION	OVER LOAD	105 ~ 150% rated output power Protection type : Fold back current limiting, recovers automatically after fault condition is removed								
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V/10% load			16.8 ~ 20V/10% load			31.5 ~ 37.5V/10% load		
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-10 ~ +60°C (Refer to output load derating curve)								
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing								
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH								
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)								
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes								
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	Design refer to LVD								
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P: 1.5KVAC I/P-FG: 1.5KVAC O/P-FG: 0.5KVAC								
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG: 100M Ohms/500VDC								
	EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B								
OTHERS	EMS IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 6, 8; EN550204, EN55024, heavy industry level, criteria A								
	MTBF	374.3K hrs min (SD-25A)		365.9K hrs min (SD-25B)		377.5K Hrs min (SD-25C)		MIL-HDBK-217F (25°C)		
	DIMENSION	99*97*36mm (L*W*H)								
NOTE	PACKING	0.38Kg; 45pcs/17.8Kg/0.9CUFT								
		1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 12.24.48VDC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20M-Hz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives.								

File Name:SD-25-SPEC 2004-06-30

ANNEXE 3



Courbe de la fourniture d'énergie électrique d'un module solaire, tout au long d'une journée d'été ou d'hiver, de beau temps ou de pluie. L'amplitude de cette courbe varie évidemment en fonction du lieu et de la saison.

ANNEXE 4

Quelques notions sur l'énergie solaire

Structure de l'atmosphère :

Hors atmosphère, l'énergie moyenne annuelle reçue par la terre est d'environ 5.5 kWh/m² et par jour. En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire subit une atténuation et une modification de son spectre, à la suite de phénomènes complexes d'absorption et de diffusion par les poussières et les aérosols. Ainsi, la couche d'ozone absorbe la majeure partie du rayonnement ultraviolet, tandis que la vapeur d'eau absorbe le rayonnement infrarouge. Le flux énergétique reçu au sol dépend ainsi de nombreux facteurs, et son maximum au sol ne dépasse guère 1000 W/m².

Atmosphère standard :

En ramenant toutes les couches de l'atmosphère dans des conditions normales ($p = 1013$ mbar et $T = 0^{\circ}\text{C}$), on a défini une atmosphère standard d'épaisseur verticale moyenne de 7.8 km prise pour référence unité et formée de couches planes et stratifiées par les divers gaz comme l'azote (couche de 1650 m), l'argon (74 m), le gaz carbonique (24 m)... L'eau est représentée par une couche d'épaisseur variable de quelques dizaines de mètres pour la vapeur et de quelques centimètres pour le liquide.

Le rayonnement global au sol est donc fonction de la composition et de l'épaisseur de l'atmosphère traversée par les rayons lumineux au cours de la journée. Il se décompose en rayonnement direct et rayonnement diffus, et ce sont ces deux rayonnements qui sont exploités par les générateurs solaires.

Nombre d'air masse :

Pour tenir compte de la position relative du soleil qui modifie l'épaisseur d'atmosphère traversée, on introduit un coefficient m appelé masse atmosphérique ou nombre d'air masse, défini par :

$$m = (p e^{(-z/7.8)}) / (1013 \sin(A)) \text{ avec : } p(\text{N/m}^2) \text{ pression}$$

$A(^{\circ})$: élévation du soleil sur l'horizon (90° au zénith)

z : (km) altitude

Dans les conditions normales et au niveau de la mer, l'expression simplifiée suivante est utilisée : $m = 1 / \sin(A)$

Ainsi, lorsque le soleil est au zénith, on dit qu'on a les conditions AM1 car les rayons lumineux traversent une atmosphère unité de 7.8 km (m_1 : nombre Air Masse 1 car $m = 1 / \sin(90^{\circ}) = 1$). Avec un soleil à 30° sur l'horizon, on obtient les conditions AM2 ($m = 1 / \sin(30^{\circ}) = 2$). Hors atmosphère, à haute altitude, on définit les conditions AM0.

Ce nombre d'air masse sert donc à définir un spectre de référence pour calibrer les cellules étalons destinées à qualifier les performances des dispositifs photovoltaïques. Ainsi les conditions standard de qualification des cellules sont un spectre AM1.5, une puissance incidente de 1000 W/m² et une température de 25°C ; sauf indication contraire, c'est pour de telles conditions que doivent être fournies les performances et spécifications d'un dispositif photovoltaïque donné.

Autres influences diminuant l'intensité des rayons du soleil :

La puissance d'un dispositif photovoltaïque se mesure en watt-crête (Wc). La production d'un panneau solaire dans des conditions optimales (c'est à dire à midi, par temps froid et en plein soleil, ce qui correspond à un maximum de 1000 W/m²) est donc fonction de nombreux facteurs à prendre en compte :

Les conditions météo (nébulosité, brouillard, ...)

Si on considère qu'un panneau de 50 watt-crête produira 50 Watts pour chaque heure d'ensoleillement à 1000 W/m², il produira plus ou moins la moitié (25 Watts chaque heure) avec la moitié de lumière (500 W/m²). Avec des nuages minces, on peut atteindre des valeurs de 300 W/m² avec la lumière diffuse. Dans des conditions météo très mauvaises avec des nuages épais et foncés (100 W/m²), le rendement ne sera plus que de 5 Watts par heure .

Cependant, il faut bien comprendre que le photovoltaïque marche aussi par temps couvert et à la lumière diffuse. Il est vrai que certains pays sont moins gâtés que d'autres, mais pas au point qu'on a tendance à le croire. Les pays les plus ensoleillés ne reçoivent pas plus du double de la quantité d'énergie récupérable par le photovoltaïque dans les pays d' Europe centrale par exemple.

La hauteur du soleil dans le ciel

Ce deuxième facteur varie selon les saisons. Lorsque le soleil est très haut dans le ciel (en été), les photons passent à travers la couche atmosphérique plus vite sur une distance plus courte que lorsqu'il est très bas dans le ciel (en hiver).

Le nombre d'heures de soleil dans la journée

Ce facteur est celui qui pose le plus de problèmes pour les utilisateurs qui n'ont pas la chance d'habiter près de l'équateur, à cause de la grande différence entre le nombre d'heures de soleil selon les saisons.

Signalons en outre que le flux solaire reçu sur une surface dépend bien évidemment de l'orientation et de l'inclinaison de cette surface, mais aussi du degré de pollution ambiant.

ANNEXE 5

Données techniques sur les batteries

DESCRIPTION

- Batteries à très grande durée de vie
- Ensemble monoblocs à plaques positives et négatives planes.
- Très faible taux d'autodécharge
- Grand nombre de cycles de charge et décharge
- Livrée prête à l'utilisation, ou sèche avec électrolyte séparé.

SOLAIRE

Quels que soient vos besoins, domestiques ou professionnels, de confort ou de sécurité, la maîtrise parfaite d'une source d'énergie passe par le choix et l'utilisation d'une batterie parfaitement adaptée à votre besoin.

Le formidable développement des énergies renouvelables, photovoltaïque, éolienne, micro-centrale hydraulique et notre expérience dans le domaine, nous ont conduits à développer une gamme spécifique de batteries au plomb.

PRINCIPALES APPLICATIONS

- Télécommunications
- Sites isolés,
- Électrification rural,

AVANTAGES

- Le montage en plaques planes épaisses, assure une excellente aptitude aux cyclages et prolonge la vie des batteries.
- L'utilisation pour les grilles d'alliage spécifique à très faible taux d'antimoine limite la consommation d'eau et l'autodécharge, simplifie la maintenance et améliore la longévité des batteries, même en atmosphère chaude.
- La présentation en bac polypropylène translucide permet un contrôle visuel rapide niveau d'électrolyte.
- Les poignées de transport assure un confort de manipulation.
- La batterie vous est présentée en version « chargé sec » (c'est à dire batterie prête à l'emploi, l'acide étant à part). Pas d'autodécharge lors d'un stockage prolongé.

Toutes ces caractéristiques font de la gamme la solution appropriée, propre et sûre pour tous vos besoins domestiques ou professionnels.

MISE EN SERVICE DE BATTERIES

- Remplissage de la batterie de manière à ce que le niveau d'électrolyte affleure le couvercle.
- Laisser la batterie au repos durant 30 minutes (imbibition des éléments).
- Régler le niveau d'électrolyte 30 à 40 mm en dessous de la surface du couvercle.
- Mise en charge, au minimum deux heures à une tension de 14,70 volts.
- Mise en place des bouchons.

ENTRETIEN

Il est conseillé d'effectuer un contrôle de l'installation batterie tous les six mois.

- Remise à niveau de l'électrolyte (Avec de l'eau distillée).
- Charge d'égalisation durant 1 heure. Charge à tension constante = 14,70 volts.
- Mesure de la densité de l'électrolyte.
- Si la densité à 20°C est supérieur à 1.240 la batterie est prête. Sinon poursuivre la charge d'égalisation.
- Vérification et correction si nécessaire de la tension de charge délivrée par le régulateur.

QUELQUES CONSEILS PRATIQUES

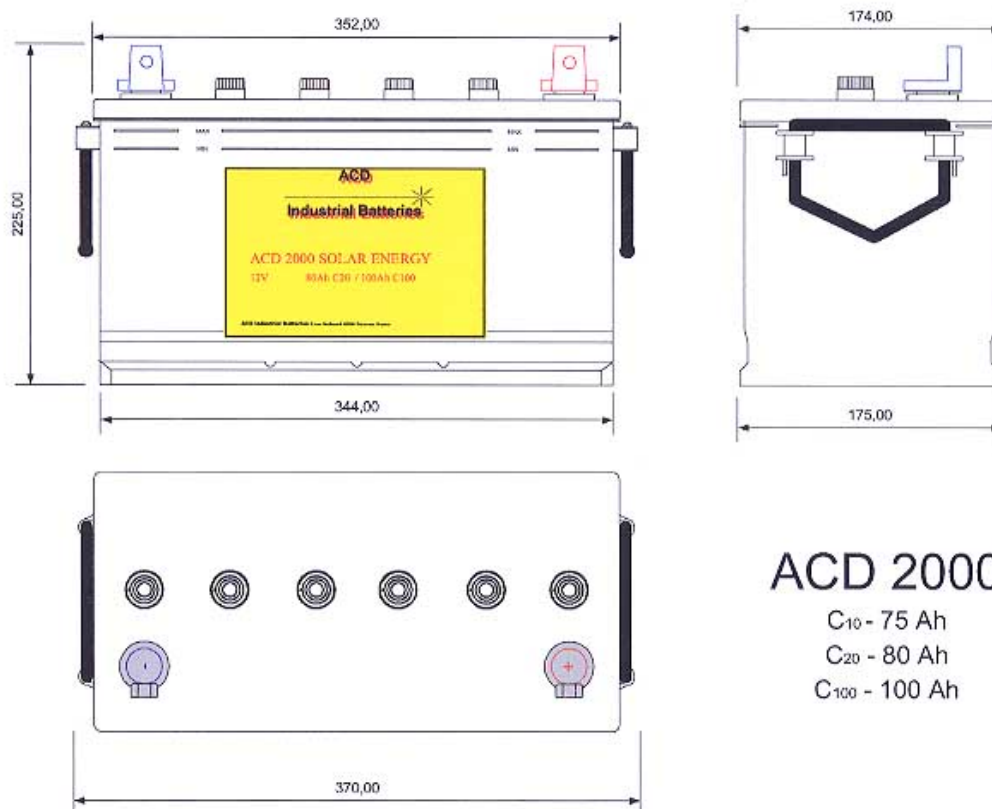
Avant toute période de stockage prolongé, rechargez la batterie, puis répétez tous les 4 mois.

- Évitez de décharger une batterie au delà de 80 % de sa capacité nominale en 20 h. Sinon mettre immédiatement la batterie en charge.
- Pour une longévité optimum de la batterie, dimensionnez la pour que les décharges journalières ne dépassent pas 16% de la capacité nominale 100 h (20% de la capacité en 20 h).

ANNEXE 5(Suite)

FICHE MONOBLOC PLAQUES PLANES SEMI STATIONNAIRE - SOLAIRE

ACD 2000



ACD 2000

C₁₀ - 75 Ah

C₂₀ - 80 Ah

C₁₀₀ - 100 Ah

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (Suivant NF 58-510)

CAPACITE NOMINALE C100	100 Ah
CAPACITE NOMINALE C20	80 Ah
CAPACITE NOMINALE C10	75 Ah
ENCOMBREMENT	370 x 175 x 225 mm
POIDS SECHE	17,40 Kg
VOLUME D'ACIDE	5,4 litres
DENSITE à 20°C	1,28
AUTODECHARGE	< à 25 % après 6 mois
Grilles	Épaisseur > à 2 mm Grilles Pb 1,8 % Sb
Plaques	Oxyde Friction – Pb 99,99
SEPARATEURS	Feuille cellulose
POIGNEES DE TRANSPORT	OUI
CAISSE DE TRANSPORT	OUI

NOTA : C10-75Ah signifie que la batterie peut délivrer 75Ah si on atteint sa limite de décharge en 10 heures.